

MODUS-COVID Bericht vom 17.12.2021

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Natasa Djurdjevac Conrad², Ricardo Ewert¹, Sydney Paltra¹, Christian Rakow¹, Hanna Wulkow², Tim Conrad², Christof Schütte², Kai Nagel¹

¹Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik ("VSP"), TU Berlin

nagel@vsp.tu-berlin.de

²Zuse-Inst. Berlin ("ZIB")

Available via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-12856.2>

Date of this version: 21-december-2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Website: <https://covid-sim.info>

1 Zusammenfassung

Die Infektionszahlen gehen zurzeit langsam zurück; die getroffenen Maßnahmen zeigen Wirkung gegen die Delta-Variante. Die Inzidenzen sind jedoch weiterhin auf einem hohen Niveau und die Krankenhäuser stark belastet (vgl. Abschnitt 2, S. 2).

Die neue Omikron-Variante wird die Situation verändern und aufgrund ihrer hohen Ansteckbarkeit Delta verdrängen. Zur Pandemiesteuerung ist es wichtig, die Omikron-Inzidenz separat auszuweisen, und zwar sowohl bei den Infektionen als auch bei den Intensiv-Zugängen (vgl. Abschnitt 3, S. 4).

Wie bereits in der Vergangenheit besteht die Gefahr, dass durch die schnelle Ausbreitung von Omikron die Anzahl der schweren Verläufe so schnell zunimmt, dass dadurch die Intensivstationen überlastet werden. Als Möglichkeit steht auch im Raum, dass Omikron weniger schwere Verläufe zur Folge hat. Das dann größte Risiko wäre eine Gefährdung der Versorgungssicherheit wegen zu vieler gleichzeitig auftretender Erkrankungen, verbunden mit entsprechend vielen Quarantänefällen. Wir beschreiben, wie die entsprechenden Indikatoren engmaschig beobachtet werden können, und ab wann und warum das Wachstum der Inzidenzen gestoppt werden sollte (vgl. Abschnitt 3, S. 4).

Weiterhin berechnen wir die Wirkung unterschiedlicher Handlungsoptionen, um das Wachstum der Inzidenzen unter Omikron zu stoppen (vgl. Abschnitt 4, S. 4). Es wird notwendig sein, einen besonderen Fokus auf die derzeit noch stattfindenden maskenfreien Kontakte in Innenräumen zu legen, insbesondere auch im privaten Bereich. Weil eine weiter zurückliegende Impfung kaum gegen die Übertragung von Omikron hilft, sind hier Ausnahmen für diese Personengruppe auf keinen Fall möglich. Wir zeigen, unter welchen Voraussetzungen eine massive Teststrategie im Freizeitbereich Erfolg haben könnte, und wann ein Kontaktverbot in privaten Haushalten (analog Vereinigtes Königreich Anfang '21 sowie Österreich in den letzten Wochen) sowie eine Schließung der öffentlichen Freizeiteinrichtungen notwendig wird. Flankiert werden können und sollten diese Maßnahmen durch Maßnahmen in besser regulierbaren Bereichen (Arbeit, Einzelhandel, Schulen).

Zusammengefasst sind folgende Punkte dringend und wichtig:

- Die Infektions-Inzidenzen und die Intensiv-Inzidenzen müssen für Omikron separat erfasst und zeitnah ausgewiesen werden.
- Krisenstäbe auf allen Ebenen (einschl. Bund) sollten sich auf ein schnelles Wachstum der Inzidenzen einstellen, und Handlungsoptionen vorbereiten.
- Insbesondere sollten Vorbereitungen getroffen werden, um möglicherweise Kontakte in Innenräumen für haushaltsfremde Personen auf ein absolutes Minimum - mit entsprechenden Ausnahmen - zu reduzieren.

2 Derzeitige Situation aus Sicht unserer Modelle

Wir befinden uns aktuell in einer Situation, in der die Inzidenzen langsam zurückgehen. Das bedeutet, dass die getroffenen Maßnahmen Wirkung gegen die zurzeit vorherrschende Delta-Variante zeigen. Da der Rückgang langsam erfolgt, ist davon auszugehen, dass der sog. R-Wert derzeit knapp unter 1 liegt. Trotz des Rückganges sind die Inzidenzen weiterhin auf einem hohen Niveau und die Krankenhäuser bzw. das Gesundheitssystem insgesamt stark belastet. Daher kann aus unserer Sicht nicht von einer Entwarnung gesprochen werden. Die Boosterimpfkampagne zeigt erfreuliche Fortschritte und wird dazu beitragen, dass immer mehr Menschen gut geschützt sind und damit die Infektionsdynamik weiter reduzieren.

Die neue Omikron-Variante verändert die derzeitige Situation, weil sie (1) deutlich ansteckender ist als die Delta-Variante und (2) der Impfschutz deutlich stärker nachlässt als bei der Delta-Variante. Zurzeit ist der Anteil der Omikron-Fälle an allen Fällen in Deutschland noch gering. Es kann aber aus Erfahrung in anderen Ländern (z.B. Dänemark, Vereinigtes Königreich) davon ausgegangen werden, dass der Anteil der Omikron-Fälle in den nächsten Wochen rasant ansteigen wird. Dieses Verhalten konnten wir auch in unseren Simulationen zeigen. Unklar ist allerdings weiterhin, wie virulent die Omikron-Variante tatsächlich ist (siehe dazu Kapitel Pandemiesteuerung).

Die folgende Abbildung verdeutlicht, welchen dramatischen Einfluss die Omikron-Variante voraussichtlich auf die Inzidenzen - und schließlich auch auf das Gesundheitssystem - in den kommenden Wochen haben wird. Die dargestellten Ergebnisse vor dem 15.12.2021 beruhen auf den tatsächlichen Daten, ab dem 15.12. (in der Grafik rechts) zeigen wir die Ergebnisse aus unseren Modellsimulationen.

Modellierte Entwicklung der Inzidenzen in Köln

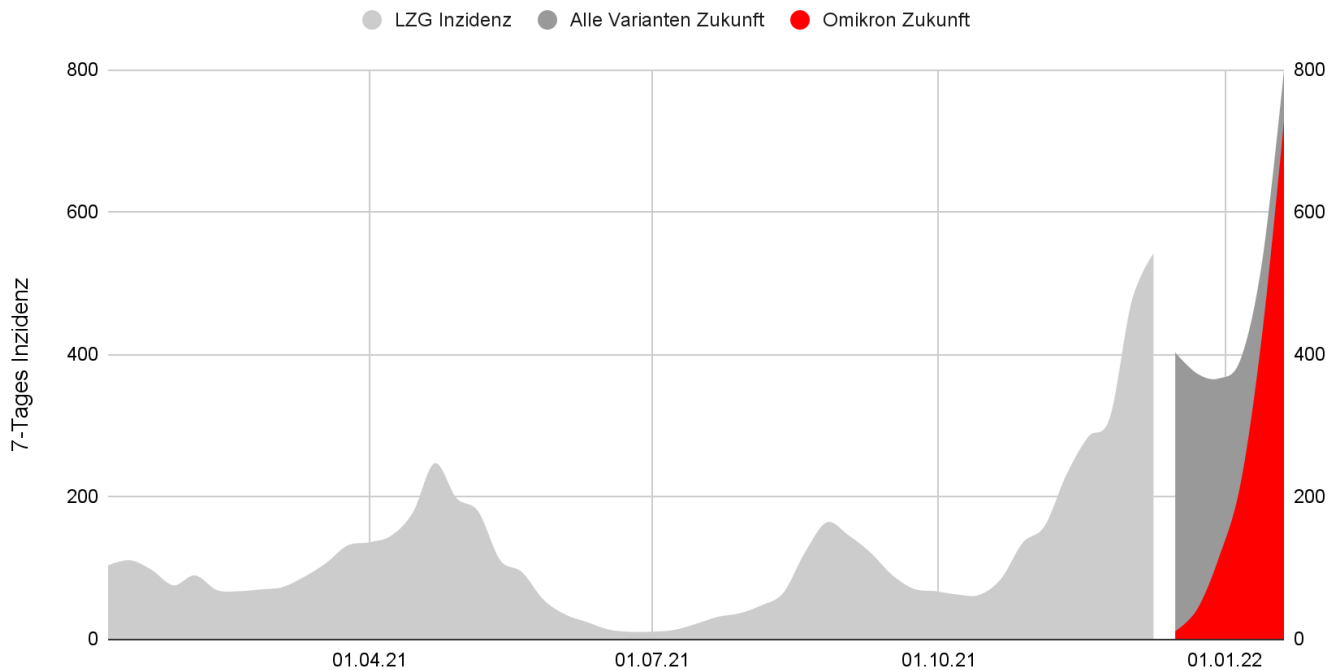


Abbildung 1: (Links) 7-Tage Inzidenz für Köln der vergangenen Monate. (Rechts) Simulierte Entwicklung der Inzidenz der Ansteckungen in Köln unter der Annahme, dass keine über die aktuell beschlossenen Maßnahmen hinausgehenden Regeln eingeführt werden. Bis Mitte Dezember 2021 ist die erfasste Inzidenz des LZG NRW (2021) dargestellt. Die in rot dargestellten Fälle gehen auf die Omikron-Variante zurück und die in grau dargestellten Fälle sind der anderen Virusvarianten. Der bisherige Omikron-Anteil ist so klein, dass er in der Grafik nicht darstellbar ist. Die zukünftigen Werte basieren auf der folgenden Simulation:

<https://covid-sim.info/cologne/2021-12-16/1?vacSp=100%25&leis=100%25&leisUnv=75%25>

In dieser Darstellung kann man gut den im Januar zu erwartenden Anstieg erkennen – falls keine entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden. In Zahlen ausgedrückt verläuft der Anstieg der Omikron-Inzidenzen in etwa wie folgt:

- 09.12.: 3
- 16.12.: 12
- 23.12.: 48
- 30.12.: 192
- 06.01.: 768
- etc.

Jede Zahl ergibt sich dadurch, dass man die Omikron-Inzidenz der Vorwoche mit vier multipliziert (es handelt sich hier nicht um Modellergebnisse, sondern um eine vereinfachte Rechnung).

Es ist wichtig, den Multiplikator der Omikron-Inzidenzen von einer Woche zur nächsten zu beachten. Ein Schrumpfen des Multiplikators bedeutet eine Abschwächung des Infektionsgeschehens. Ein Multiplikator kleiner als eins bedeutet sinkende Inzidenzen und damit eine Kontrolle des Infektionsgeschehens.

3 Pandemiesteuerung

Es ist aufgrund der bisherigen Erkenntnisse zu erwarten, dass die Krankenhaus- und die Intensiv-Inzidenzen der gleichen multiplikativen Entwicklung folgen – im Beispiel also einer Vervierfachung pro Woche. Das Verhältnis zwischen Infektions-Inzidenzen und Intensiv-Inzidenz ist für die Omikron-Variante in Deutschland noch nicht abschließend ermittelt. Eine eher pessimistische Annahme ist, dass im Schnitt 0,6% aller Meldefälle nach etwa 3 Wochen eine Intensivbehandlung benötigen ("Intensivfaktor"). Dann ergäbe sich aus obigen Zahlen folgende Intensivinzenz für Omikron:

- 30.12.: 0,6% von 3 = 0.018
- 06.01.: 0,6% von 12 = 0.072
- 13.01.: 0,6% von 48 = 0.288
- etc.

Man sieht, dass sich die wöchentliche Vervierfachung der Infektionsinzidenzen in eine wöchentliche Vervierfachung der Intensivinzenzen übersetzt – nur auf entsprechend niedrigerem Niveau, ausgedrückt durch den Intensivfaktor.

Wenn wir davon ausgehen, dass eine Intensiv-Inzidenz über 5 als kritisch anzusehen ist, empfehlen wir dringend das folgende Kriterium zur Einleitung weiterer Maßnahmen, um eine weitere Ausbreitung drastisch zu verlangsamen.

- Da die Intensiv-Inzidenzen mit ca. 3-wöchiger Verzögerung reagieren, muss 3 Wochen, *bevor* ein kritischer Wert erreicht wird, das Inzidenz-Wachstum gestoppt werden.
- Dies bedeutet, dass, wenn es bei dieser "Multiplikation mit vier pro Woche" bleibt, bei einer Omikron-Infektions-Inzidenz von 200 das Inzidenz-Wachstum gestoppt werden muss, mit folgender Begründung:
 - a. Nach dem Stopp wachsen die Inzidenzen noch ca. 1 Woche weiter. Aus 200 werden dann 800.
 - b. Nach dem oben gesagten ergibt sich aus einer Wocheninzidenz von 800 gerade eine Intensiv-Inzidenz von $800 \cdot 0,6\% = 4.8$, also der gewünschte Stopp bei 5.

Wenn der wöchentliche Wachstums-Multiplikator kleiner als vier ist, dann kann bei entsprechend höheren Infektions-Inzidenzen gestoppt werden, und zwar (immer noch) eine Woche bevor die Wocheninzidenz 800 beträgt.

Sollte sich in den kommenden Wochen herausstellen, dass der Intensivfaktor kleiner als 0,6% ist, dann kann bei entsprechend höherer Wocheninzidenz gestoppt werden. Z.B. ergibt sich aus einem Intensivfaktor von 0.1% eine Wocheninzidenz von 5000, welche dann zu einer Intensiv-Inzidenz von 5 führt. *Allerdings* sind bei so hohen Inzidenzen 5% bis 10% der Bevölkerung krank sowie ein mehrfaches davon als Kontaktpersonen in Quarantäne, sodass **in diesem Szenario die Versorgungssicherheit gefährdet** wird. In diesem Fall muss der Anstieg der Infektionsinzidenzen möglicherweise früher gestoppt werden, als durch den Intensiv-Indikator alleine notwendig wäre.

4 Maßnahmen zum Reduzieren des R-Wertes

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, kann es aufgrund der zu erwartenden Durchsetzung der Omikron-Variante dazu kommen, dass zusätzliche Maßnahmen notwendig werden, um das Infektionsgeschehen unter Kontrolle zu bekommen. Im folgenden Abschnitt bewerten wir die Wirkung von Maßnahmen für verschiedene Infektionskontexte.

Laut unserem Modell finden die meisten *aushäusigen* Infektionen im Freizeitbereich statt. Eine Analyse der Kontaktnachverfolgung des Gesundheitsamtes Köln für November 2021 führte zum gleichen Ergebnis¹. Dieser Freizeitbereich unterteilt sich weiter in die Bereiche "öffentliche Freizeit" (Restaurants, Clubs, Bars, etc.) und "private Freizeit" (Besuche von Familienangehörigen sowie Freunden in/aus anderen Haushalten). Bezüglich der Infektionsdynamik in den jeweiligen Bereichen lässt sich sagen:

- Der Anteil der Ansteckungen durch "familienbezogene Kontakte außerhalb des eigenen Haushaltes" ist in etwa vergleichbar mit den Ansteckungen in den Bereichen Arbeit und Bildung/KiTa. Auch Ansteckungen im Ausland tragen in etwa gleicher Höhe bei.²
- Der Anteil der Ansteckungen im Bereich der "weiteren Freizeitkontakte" ist etwa doppelt so hoch wie jede einzelne der vier obigen Kategorien.
- Ansteckungen in anderen Kategorien (z.B. Einzelhandel oder ÖPNV) spielen kaum eine Rolle.

Weiterhin ergeben sich klar sichtbare Konsequenzen aus der Abschaffung der Maskenpflicht in den Schulen (deutlich sichtbare Erhöhung) sowie aus der Einführung von 2G im öffentlichen Freizeitbereich (deutlich sichtbare Senkung).

Simulationsergebnisse

Um bei einer sich anbahnenden Überlastung des Gesundheitssystems oder einer Gefährdung der Versorgungssituation wirksam reagieren zu können, haben wir unser agentenbasiertes Modell für Köln genutzt, um die Wirkungen von verschiedenen Maßnahmen für den Zeitraum nach Weihnachten zu untersuchen. Wir haben unser Modell auf die Omikron-Variante angepasst und gehen dabei im Basisszenario von den folgenden Annahmen aus:

- Zurzeit in etwa eine Vervierfachung des Omikron-Anteils an den Infektionen jede Woche.
- Deutlich reduzierter Schutz nach zweifacher Impfung gegen Infektion mit Omikron verglichen mit Delta.³
- Booster schützt zu 70% gegen Infektion mit Omikron. Der Schutz lässt mit der Zeit nach (im Modell schützt der Booster nach 3 Monaten noch zu ca. 35%).
- Für die Vergangenheit verwenden wir die reale Impfquote, ab Weihnachten rechnen wir mit einer Reduktion des Impftempos (3,5% der Bevölkerung pro Woche wird geboostert).
- Die aktuell gültigen Regeln gelten auch im Basisszenario (also insbesondere 2G für öffentliche Freizeit und 3G am Arbeitsplatz)

Zurzeit kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, wie ansteckend die Omikron-Variante tatsächlich ist. Daher ist auch eine genaue Abschätzung des R-Wertes⁴ nicht verlässlich möglich. Trotzdem können wir unser Modell dazu nutzen, um den relativen Effekt von Maßnahmen zu berechnen. Dies bedeutet, dass bei einem R-Wert von $R=2$ ein Maßnahmenbündel gebraucht wird, welches den R-Wert um mindestens 50% reduziert, um den R-Wert unter 1 zu drücken (und damit den Anstieg der Fallzahlen zu stoppen). Bei einem R-Wert von $R=1,5$ wäre ein Maßnahmenbündel notwendig, welches den R-Wert um mindestens 33% reduziert.

Die folgende Tabelle 1 zeigt die Wirkungen der von uns simulierten Maßnahmen, wenn diese einzeln eingeführt würden:

¹ Leider kann die Kontaktnachverfolgung trotz erheblicher Anstrengungen für einen großen Teil (ca. 40%) der Ansteckungen keine Kontexte ermitteln, und es bleibt unklar, wie sich diese verteilen. Es ist anzunehmen, dass bei den Ansteckungen im eigenen Haushalt nahezu alle ermittelt werden. Immer noch eine hohe Aufklärungsquote erwartet man in den Bereichen Schule und Arbeit. Das legt nahe, dass bei einer Vollaufklärung diese Bereiche eher weniger Gewicht erhalten würden; alle anderen entsprechend mehr.

² "Ansteckung im Ausland" unterliegt sehr starken Schwankungen.

³ Im Modell beträgt bei Delta der Schutz 14 Wochen nach der Impfung ca. 55%, bei Omikron ca. 30%.

⁴ Wir meinen mit "R-Wert" immer die aktuelle Reproduktionszahl, manchmal auch Rt-Wert genannt.

	Maßnahme	Relative Reduktion des R-Wertes am 14.01.22
1	Schließung "öffentliche Freizeit" für alle (statt "nur für Nicht-Geimpfte/Nicht-Genesene" im Basisszenario)	-10%
2	Keine Treffen in privaten Räumen und keine "öffentliche Freizeit" für Ungeimpfte/ Nicht-Genesene	-10%
3	Keine Treffen in privaten Räumen und keine "öffentliche Freizeit" für alle	-25%
4	Schnelltest vor 60% aller Freizeitaktivitäten für alle	-20%
5	Einzelbüro, Homeoffice oder FFP2-Maskenpflicht am Arbeitsplatz	-5%
6	Schnelltest vor Arbeitsaktivitäten für alle (1G am Arbeitsplatz)	-10%
7	Schutz in Bildungseinrichtungen durch FFP2-Maskenpflicht (auch am Platz) und regelmäßiges Lüften	-5%
8	7% der Bevölkerung pro Woche boostern (statt 3,5% im Basisszenario)	-5%

Tabelle 1: Darstellung der mithilfe des Modells berechneten relativen Reduktion des R-Wertes für verschiedene Einzelmaßnahmen. Die Maßnahmen 1-7 werden im Modell am 10.01.22 eingeführt; Maßnahme 8 bereits am 03.01.22. Maßnahmen 1 sowie 3-7 beziehen sich auf die gesamte Bevölkerung, also einschl. Nicht-Geimpfte/Nicht-Genesene. Maßnahme 2 bezieht sich nur auf Nicht-Geimpfte/Nicht-Genesene. Die Resultate basieren auf den folgenden Simulationen: <https://covid-sim.info/cologne/2021-12-16/1?vacSp=50%25&leis=100%25&leisUnv=75%25>

Unter den oben genannten Annahmen des Basisszenarios prognostiziert unser Modell für Mitte Januar 2022 einen R-Wert von ca. 1,5. Dieser Wert ist jedoch mit großer Unsicherheit behaftet, da viele Parameter aufgrund der neuen Omikron-Variante noch nicht hinreichend bekannt sind. Für diesen R-Wert wäre eine relative Reduktion um 33% nötig, um den R-Wert unter 1 zu bringen; keine der Einzelmaßnahmen in Tabelle 1 reicht dafür aus. Die am stärksten wirkende Einzelmaßnahme ist die Nummer 3. Es handelt sich hier, neben der Schließung der öffentlichen Freizeiteinrichtungen, um eine vollständige Kontaktbeschränkung in Innenräumen, also "keine haushaltsfremde Person zu Besuch". Siehe den Abschnitt "Kontaktbeschränkungen im Bereich Freizeit" weiter unten.

Es stellt sich die Frage, ob die Situation ohne die sehr invasiven Maßnahmen 1-3 beherrschbar sein könnte. Die nun folgende Tabelle 2 listet Maßnahmen, die vor allem auf einer 60%-igen (Selbst-)Testquote vor Freizeitaktivitäten aufbauen. Hierbei ist allerdings die Frage zu stellen, ob eine solche Befolgungsquote erreichbar ist. Die Anzahl der notwendigen Selbsttests – ca. 1,2 pro Person und Woche – scheint hingegen verfügbar zu sein. Die Tabelle zeigt, per "x", welche der Maßnahmen aus Tabelle 1 gleichzeitig angewandt werden. Man beachte, dass die Wirkung oft stärker ist, als die Summe der Werte aus Tabelle 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	Rel. Reduktion R-Wert
9				x	x		x	x	-40%
10				x		x	x	x	-35%
11				x	x		x		-35%
12				x	x			x	-30%
13				x		x	x		-30%
14				x		x		x	-30%
15				x			x	x	-30%
16				x	x				-30%
17				x		x			-25%
18				x			x		-25%
19				x				x	-25%

Tabelle 2: Darstellung der mithilfe des Modells berechneten relativen Reduktion des R-Wertes für die verschiedene Maßnahmenkombinationen 9-19. Die Kombinationen enthalten dabei keine Maßnahmen, die Kontakte im Freizeitbereich (inkl. private Treffen) der Bevölkerung weiter reduzieren. Die Einzelmaßnahmen 1-8, aus denen sich die Kombinationen zusammensetzen, entsprechen den Maßnahmen in Tabelle 1.

Es lässt sich sagen, dass laut unserem Modell eine Reduktion des R-Wertes um mindestens 33% nur zu leisten ist, wenn Maßnahmen in mehreren Bereichen ergriffen werden und der Freizeitbereich durch den massiven Einsatz von Tests auch für Geimpfte/Geboosterte und Genesene abgesichert wird. Zudem müssen alle zur Zeit geltenden Regeln weiterhin angewendet werden. Insbesondere das Maßnahmenbündel 9, welches den Freizeitbereich, den Arbeitsbereich und den Bildungsbereich schützt und gleichzeitig mit schnellem Boostern kombiniert wird, kann den R-Wert laut unserem Modell deutlich um ca. 40% reduzieren.

Sollte der R Wert im Januar nicht auf 1,5 sondern z.B. auf 2 steigen, wäre offensichtlich eine Reduktion um mindestens 50% nötig, um das exponentielle Wachstum zu stoppen. In der folgenden Tabelle 3 sind diejenigen Maßnahmenbündel aufgelistet, die laut unserem Modell zu einer solchen Reduktion führen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	Rel. Reduktion R-Wert
20	x	x	x	x	x		x	x	-55%
21	x	x	x	x	x		x		-55%
22	x	x	x	x		x	x	x	-55%
23	x	x		x	x		x	x	-50%
24	x	x	x		x		x	x	-50%
25	x	x	x	x		x	x		-50%
26	x	x		x		x	x	x	-50%

Tabelle 3: Darstellung der mithilfe des Modells berechneten relativen Reduktion des R-Wertes für die verschiedene Maßnahmenkombinationen 20-26. Die Einzelmaßnahmen 1-8, aus denen sich die Kombinationen zusammensetzen, entsprechen den Maßnahmen in Tabelle 1.

Die Ergebnisse aus Tabelle 3 zeigen, dass es laut unserem Modell nicht möglich ist, den R-Wert um mindestens 50% zu reduzieren, ohne weitere Kontaktbeschränkungen im Freizeitbereich einzuführen, die auch Geimpfte einschließen müssten. Mindestens notwendig wäre es demnach, "öffentliche Freizeit" für alle zu schließen und private Treffen in Innenräumen für Ungeimpfte zu untersagen. Private Treffen der Geimpften müssten mit einem breiten Testeinsatz abgesichert werden. Dies müsste mit Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz und im Bildungsbereich und schnellem Boostern kombiniert werden. Falls der massive Einsatz von Schnelltests zur Absicherung des Freizeitbereichs nicht umgesetzt werden kann, ist laut unserem Modell ein Verbot privater Treffen in Innenräumen für alle notwendig. Siehe auch den Abschnitt "Kontaktbeschränkungen im Bereich Freizeit" weiter unten.

5 Einschätzungen zum Beitrag verschiedener Segmente auf das Infektionsgeschehen

Vorbemerkung

Die von uns in diesem Bericht vorgeschlagenen Maßnahmen wurden nicht auf ihre Vereinbarkeit mit dem derzeitigen Infektionsschutzgesetz überprüft. Klar ist aber: wenn Omikron tatsächlich so gefährlich ist wie derzeit vermutet, dann sollten alle Anstrengungen auf nationaler Ebene koordiniert werden und nicht innerhalb der einzelnen Bundesländer. Denn: anders als bei der derzeit noch laufenden Delta-Welle wird sich die Omikron-Welle voraussichtlich nicht durch Verschiebung von Intensivpatienten zwischen den Bundesländern regeln lassen.

Masken

Wissenschaftliche Studien ergeben eine deutlich verbesserte Wirkung von FFP2-Masken verglichen mit einfachen medizinischen Masken (Schumann et al. 2020; Cheng et al. 2021; Bagheri et al. 2021). Zwar hat das RKI bisher auf eine Empfehlung für FFP2-Masken verzichtet (RKI 2021a, [b] 2021), trotzdem sehen wir darin ein effektives Mittel zur Reduktion von Infektionen. Wir gehen, auch für unsere Simulationen, von folgendem aus:

1. Eine FFP2-Maske reduziert die Anzahl der Viruspartikel in der ausgeatmeten Luft außerhalb der Maske. Damit wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine infizierte Person eine andere Person ansteckt (= Fremdschutz) um 40% reduziert. Das Risiko, Viruspartikel aufzunehmen (= Selbstschutz) wird durch eine FFP2 Maske um 80% reduziert. Für die Berechnung der Gesamtwirkung ergibt sich: $1 - (1 - 40\%) \cdot (1 - 80\%)$. Damit erhält man eine Reduktion um 88%, also nahezu einen Faktor 10.⁵
2. OP-Masken reduzieren die Anzahl der Viruspartikel in der ausgeatmeten Luft außerhalb der Maske und damit die Ansteckungswahrscheinlichkeit bei einer ansteckenden Person (= Fremdschutz) um 20% und bei einer suszeptiblen Person (= Selbstschutz) um 30%, insgesamt um etwas mehr als einen Faktor 2.⁶

⁵ Im Sinne von (Cheng et al. 2021) gilt die Aussage bzgl. der Ansteckungswahrscheinlichkeit nur im "virus-armen" Bereich, also wo die aufgenommene Dosis nicht sehr groß ist.

⁶ Auch dies im "virus-armen" Regime.

Diese Werte sind vergleichbar mit den Erkenntnissen aus (Schumann et al. 2020) stellen damit einen Mittelweg zwischen den aktuellen Empfehlungen des RKI auf der einen bzw. (Cheng et al. 2021; Bagheri et al. 2021) auf der anderen Seite dar.

Ausdrücklich muss auch darauf hingewiesen werden, dass die Maske *durchgehend* getragen werden muss. Wenn Masken eine Schutzwirkung von 10 haben, dann führen 60 Minuten mit Maske zum gleichen Infektionsrisiko wie 6 Minuten ohne. Die obigen (reduzierten) Faktoren gehen bereits davon aus, dass es beim Maskentragen kurze Zeitzlücken gibt, z.B. zum Trinken. Man sieht hier, dass selbst diese kurzen Pausen dramatische Konsequenzen bzgl. der Schutzwirkung haben. So etwas wie "Maske tragen im Restaurant außer zum Essen" ist also weitgehend wirkungslos, bezogen auf die Menge der in die Raumluft eingeleiteten bzw. selber eingeatmeten Viruspartikel.

Kontaktbeschränkungen im Bereich Freizeit

Der Bereich Freizeit unterteilt sich in die Bereiche "öffentliche Freizeit" (Restaurants, Clubs, Bars, etc.) sowie "private Freizeit" (Besuche von Familienangehörigen sowie Freunden in/aus jeweils anderen Haushalten). Beide Bereiche haben (laut unserem Modell) etwa einen gleichen Anteil am Infektionsgeschehen.

Die Maßnahmen vom Januar 2021 haben den Bereich der "öffentlichen Freizeit" weitgehend geschlossen. Im Bereich der "privaten Freizeit" galt bis einschließlich 7. März 2021⁷ (MPK 2021) eine Reduktion auf "maximal eine haushaltsfremde Person zu Besuch". Aus diesem Maßnahmenpaket hätte man in der Theorie mindestens eine Halbierung der Freizeitaktivitäten erwartet. In der Praxis konnte auf Basis von (Mobilfunk-)Daten allerdings nur eine Absenkung um 30% beobachtet werden. Offenbar galt also folgendes:

1. Die Schließung der "öffentlichen Freizeit" hat teilweise zur Aufgabe dieser Aktivitäten geführt. Gleichzeitig wurde aber ein signifikanter Teil dieser Aktivitäten in den privaten Bereich verlegt.
2. Die Einschränkungen im Bereich der "privaten Freizeit" haben möglicherweise zum Verzicht auf einen Teil der üblichen privaten Freizeitaktivitäten geführt. Dies hat jedoch die verschobenen Aktivitäten aus der "öffentlichen Freizeit" nicht vollständig kompensiert.

Eine Alternative ist eine "Kontaktbeschränkung null in Innenräumen", also *keinerlei* Besuche haushaltsfremder Personen – also keine Ausgangssperre, sondern eine "Eingangssperre". Ausnahmen sind vorzusehen z.B. für kleine Haushalte mit weniger als zwei Erwachsenen, welche sich an einen anderen Haushalt *fest* anschließen können. Ein solches Konzept galt z.B. im Vereinigten Königreich ab 6. Januar 2021 bis einschließlich 7. März 2021, um Alpha in den Griff zu bekommen, und in Österreich ab 22. November 2021 bis einschließlich 11. Dezember 2021 (und seitdem für Personen ohne 2G-Nachweis)⁸.

Es geht hierbei zunächst um die Etablierung einer Norm. Teile der Bevölkerung haben die Einschränkungen der "privaten Freizeit" aus dem Januar '21 so interpretiert, dass ein Verhalten entsprechend dieser Norm "sicher" sei. Dies war aber nie der Fall – es war damals explizit nötig,

⁷ Danach war ein Treffen zwischen dem eigenen Haushalt und einem weiteren Haushalt (beschränkt auf maximal 5 Personen) möglich. Kinder bis 14 Jahre wurden hierbei nicht mitgezählt und Paare als ein Haushalt gewertet. Zurückgekehrt zu den Regeln bis zum 7. März wurde, wenn die regionale Inzidenz an drei aufeinanderfolgenden Tagen über 100 lag.

⁸ Ausnahmen galten in Großbritannien für das Treffen der "childcare bubble" und der "support bubble". Die "childcare bubble" erlaubte es Haushalten, in denen ein Kind/mehrere Kinder unter 14 Jahre wohnten, Familie/Freunde aus einem fremden Haushalt um die Kinderbetreuung zu bitten. "Support bubbles" bedeuten den Zusammenschluss zweier Haushalte, beispielsweise, wenn ein Haushalt nur eine Person aufweist <https://www.gov.uk/government/news/prime-minister-announces-national-lockdown>.

In Österreich wurden ausgenommen die Betreuung unterstützungsbedürftiger Personen, der Kontakt mit einem nicht im eigenen Haushalt lebenden Lebenspartner, einer nicht im eigenen Haushalt lebenden Lebenspartnerin, einzelne engste Angehörige (Eltern, Kinder, Geschwister) und einzelne wichtigste Bezugspersonen, "mit denen in der Regel mehrmals wöchentlich Kontakt gepflegt wird"

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2021_II_475/BGBLA_2021_II_475.html

dass man nicht nur die Besuche “nacheinander” statt “gleichzeitig” durchführt, sondern sie tatsächlich deutlich reduziert. Eine “Kontaktbeschränkung null” würde hier sehr viel klarer das Ziel der Maßnahmen kommunizieren. Explizit würden wir auch weiterhin gemeinsame Aufenthalte im Freien auch über Haushaltsgrenzen hinweg für akzeptabel halten. Weiterhin kann eine “Kontaktbeschränkung null” – anders als bei den damaligen Einschränkungen der “privaten Freizeit” – auch durch staatliche Maßnahmen unterstützt werden, nämlich durch Personenkontrollen beim Betreten oder Verlassen von Gebäuden. Schlussendlich sei gesagt, dass wir diese Maßnahme im Modell mit einer Befolgung durch die Bevölkerung von 50% rechnen, 50% der Freizeitaktivitäten finden also weiterhin statt, und dennoch ergibt sich die starke infektionsdämpfende Wirkung.

Schulen

Der Beitrag von Schulen am Infektionsgeschehen ist differenziert zu betrachten:

1. Die meisten Studien beziehen sich auf ein Regime mit klarer Teststrategie, regelmäßiger Lüftung/Luftreinigung während des Unterrichtes, sowie dem konsequenten Tragen von Masken in Innenräumen auch während des Unterrichtes. Dann ergibt sich, dass Schulen, wenn diese erhebliche Anstrengungen unternommen werden, keinen großen Beitrag zum Infektionsgeschehen leisten.
2. Allerdings sind typische Klassenzimmer räumlich sehr eng (ca. 2qm/Person) und damit sehr viel enger als z.B. typische Büroflächen. Bei SARS-CoV-2 wird dies in der Praxis implizit weitgehend durch eine geringere Infektiosität und Ansteckbarkeit von Kindern kompensiert. Andererseits ist die Impfquote bei den Erwachsenen derzeit sehr viel höher als bei den Schüler:innen. Ohne die unter Punkt 1 genannten Schutzmaßnahmen wäre (laut Modell) die Infektionsdynamik an den Schulen derzeit erheblich, und deutlich stärker als bei den Erwachsenen.
3. Der Beitrag auf das Infektionsgeschehen von An- und Abreise sowie von Aktivitäten vor und nach der Schule ist unbekannt. Infektionen bei An- und Abreise können durch das richtige Tragen von FFP2-Masken bei An- und Abreise (auch im privaten Pkw, wenn dort Mitglieder unterschiedlicher Haushalte gemischt werden) weitgehend unterdrückt werden.
4. Wenn eine neue Virusvariante erheblich leichter übertragbar ist, dann muss der Beitrag der Schulen neu festgestellt werden.

In der Konfrontation mit Omikron müssen voraussichtlich maximale Anstrengungen unternommen werden, um das Infektionsgeschehen einzudämmen. Wenn die Schulen so betrieben werden, dass dort nur wenige Infektionen stattfinden, dann wird man vertreten können, die Schulen dennoch geöffnet zu halten.

Bereich Arbeit

Auch im Bereich Arbeit müssen in der Konfrontation mit Omikron voraussichtlich maximale Anstrengungen unternommen werden. Dazu zählen, über die derzeitigen Maßnahmen hinaus, Homeoffice oder Einzelbüros oder eine durchgehende Maskenpflicht am Arbeitsplatz, sobald mehr als eine Person im Raum ist (ggf. mit Ausnahmen für große Hallen).

Einzelhandel

Auch der Beitrag des Einzelhandels ist differenziert zu betrachten:

1. In einem Regime mit Maskenpflicht, deutlicher Reduktion der Personendichte sowie Impf- oder Testpflicht vor dem Betreten leistet der Einzelhandel laut unserem Modell keinen großen Beitrag zum Infektionsgeschehen. Aus derzeitiger Sicht besteht auch kein deutlicher Unterschied zwischen "Geimpft/Genesen ohne Test" auf der einen Seite und "Nicht-Geimpft/Nicht-Genesen mit Test" auf der anderen Seite. Die Situation im Einzelhandel ist dezidiert anders als im Gastronomie-Bereich, weil in letzterem während des Essens oder Trinkens keine Masken getragen werden können.
2. Der Beitrag von An- und Abreise sowie von Aktivitäten vor und nach dem Besuch des Einzelhandels ist unbekannt. Infektionen bei An- und Abreise können durch das richtige Tragen von Masken bei An- und Abreise (auch im privaten Pkw, wenn dort Haushalte gemischt werden) weitgehend unterdrückt werden.

Abwägung

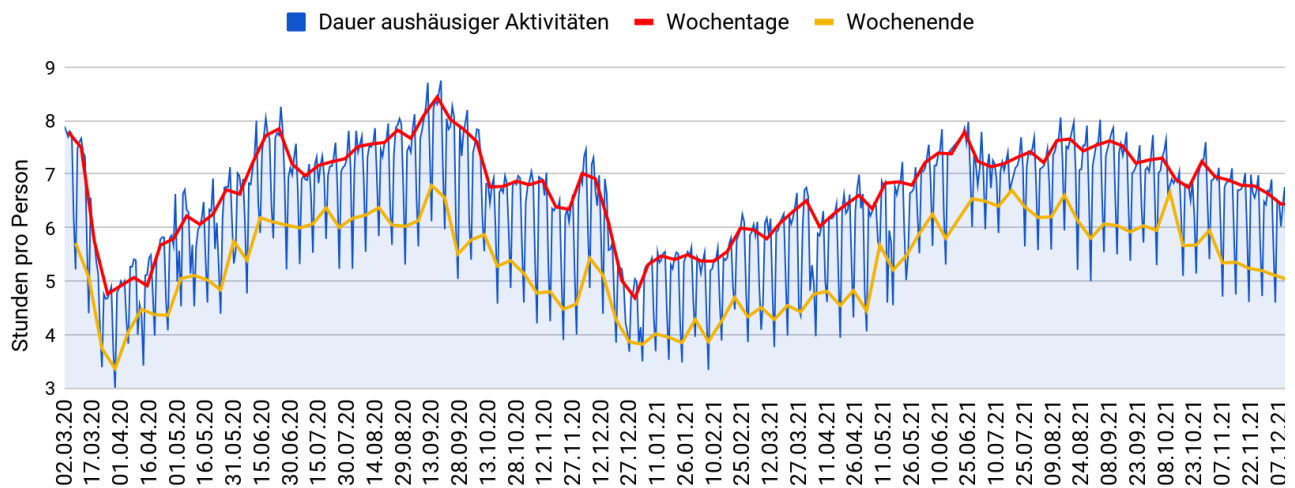
Laut unseren Simulationen sind weitere Maßnahmen in bereits geschützten Bereichen (Schulen, Einzelhandel, Arbeit) weitgehend wirkungslos, wenn nicht zunächst die noch ungeschützten Bereiche adressiert werden. Hier sind zu nennen:

- Der Bereich der "Privaten Freizeit", also Besuche zwischen verschiedenen Haushalten. Hier findet zurzeit gar kein Schutz statt.
- Der Bereich der "Öffentlichen Freizeit", also z.B. Bars, Clubs, Restaurants. Hier kann teilweise wegen der Nahrungsmittelaufnahme keine durchgehende Maskenpflicht etabliert werden. Wie oben ausgeführt, ist eine teilweise Maskenpflicht außerhalb der Nahrungsmittelaufnahme weitgehend wirkungslos. Derzeit gibt es einen Schutz durch die 2G-Maßnahmen. Für Omikron kann davon ausgegangen werden, dass dieser Schutz (vor allem gegen Übertragung) signifikant verringert ist. Bzgl. der Booster-Impfungen sieht es derzeit etwas besser aus.

6 Mobilitätsdaten

Die Entwicklung der aushäusigen Aktivitätendauern für Berlin und Köln sind in den beiden folgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 2). Im Vergleich lassen sich in beiden Regionen ähnliche Entwicklungen erkennen. So sinken die durchschnittlichen aushäusigen Aktivitätendauern seit dem Ende der Herbstferien relativ gleichmäßig und kontinuierlich. In Köln ist dabei aber ein höheres Niveau zu erkennen als in Berlin. Auswertungen für alle Landkreise und Bundesländer sind auf unserer Webseite <https://covid-sim.info/mobility-counties/> abrufbar.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin



Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Köln

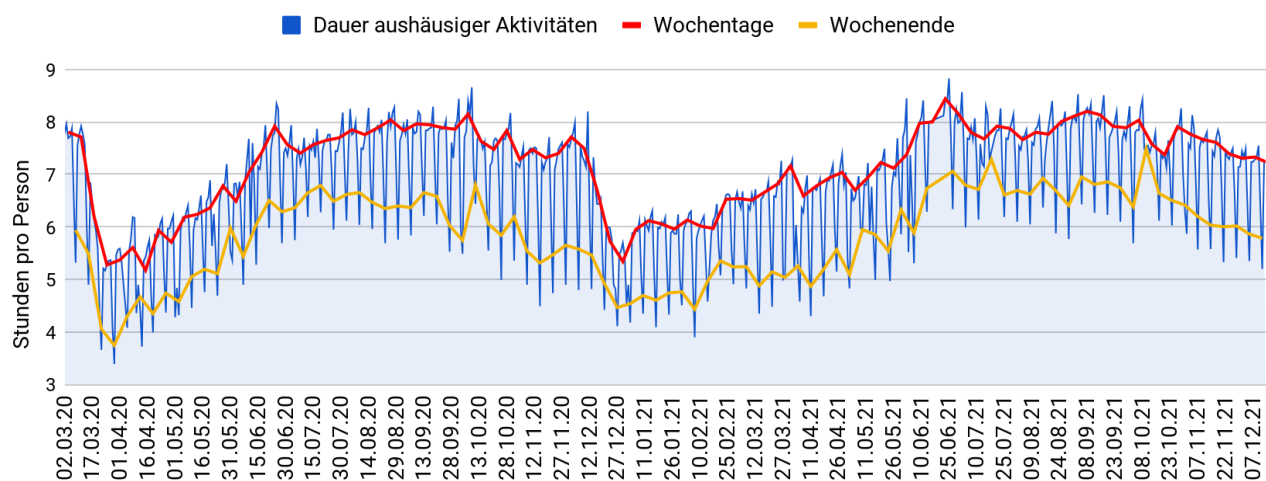


Abbildung 2: Im Mittel aushäusig verbrachte Zeit pro Person in Berlin (oben) und Köln (unten); ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Eigene Darstellung; Datenquelle: Senozon (2020).

Quellen

- Bagheri, Gholamhossein, Birte Thiede, Bardia Hejazi, Oliver Schlenczek, and Eberhard Bodenschatz. 2021. "An Upper Bound on One-to-One Exposure to Infectious Human Respiratory Particles." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (49). <https://doi.org/10.1073/pnas.2110117118>.
- Cheng, Yafang, Nan Ma, Christian Witt, Steffen Rapp, Philipp S. Wild, Meinrat O. Andreae, Ulrich Pöschl, and Hang Su. 2021. "Face Masks Effectively Limit the Probability of SARS-CoV-2 Transmission." *Science*, May. <https://doi.org/10.1126/science.abg6296>.
- LZG NRW. 2021. "Corona-Meldelage NRW." 2021. https://www.lzg.nrw.de/inf_schutz/corona_meldelage/index.html.
- MPK. 2021. "Videoschaltkonferenz der Bundeskanzlerin mit den Regierungschefinnen und Regierungschefs der Länder am 19. Januar 2021." [bundesregierung.de](https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1840868/1c68fcd2008b53cf12691162bf20626f/2021-01-19-mpk-data.pdf?download=1). 2021. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1840868/1c68fcd2008b53cf12691162bf20626f/2021-01-19-mpk-data.pdf?download=1>.
- RKI. 2021a. "ControlCOVID: Aktualisierung der ControlCOVID-Strategie zur Vorbereitung auf den Herbst/Winter 2021/22."

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/ZS/Pandemieplan_Strategien.html.

———. 2021b. "Infektionsschutzmaßnahmen (Stand: 30.9.2021)." 2021.

https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/NCOV2019/FAQ_Liste_Infektionsschutz.html;jsessionid=0E939DE80BDEB0382A4E6CDD91319A8B.internet091#FAQId15026158.

Schumann, Lukas, Julia Lange, Hansjörg Rotheudt, Anne Hartmann, and Martin Kriegel. 2020.

"Experimentelle Untersuchung der Leckage und Abscheideleistung von typischen Mund-Nasen-Schutz und Mund-Nasen-Bedeckungen zum Schutz vor luftgetragenen Krankheitserregern." Technische Universität Berlin.

<https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-10857>.

Senozon. 2020. "The Senozon Mobility Model." The Senozon Mobility Model. 2020.

<https://senozon.com/en/model/>.